

Муравьев В. В., Дедов А. И., Байтеряков А. В.
ИжГТУ им. М. Т. Калашиникова, г. Ижевск

КОНТРОЛЬ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ

Описана методика оценки структуры металла по значению интегрального уровня акустических структурных шумов. Установлено влияние структурного состояния образцов стали 45 после различной термической обработки на уровень структурных шумов. Выявлено резкое снижение уровня структурных шумов при растяжении образцов из стали 09Г2С с появлением текучести.

Ключевые слова: ультразвук, структура, акустические шумы, текучесть.

Обнаружение начального этапа процесса накопления поврежденности металла с целью прогнозирования остаточного ресурса магистральных и технологических нефтегазопроводов является актуальной проблемой [1–3]. В предлагаемой статье представлены результаты исследований влияния структурных изменений металла углеродистых сталей после термического и механического воздействия на амплитуду акустических структурных шумов.

Структурный шум связан с рассеянием акустических волн на структурных неоднородностях, неметаллических включениях, зернах металла. В зависимости от случайного соотношения фаз отдельных рассеянных импульсов они могут усилить или ослабить друг друга [4].

В экспериментах применяли раздельно-совмещенный (РС) преобразователь с резонансной частотой 5 МГц. В качестве опорного сигнала использовалась рэлеевская волна, т.н. «пролаз», возникший при переизлучении в приемную призму. В отличие от донного сигнала, сигнал «пролаза» рэлеевской волны является наиболее стабильным при изменении качества

контакта, шероховатости поверхности и не зависит от состояния донной поверхности.

Блок-схема установки, реализующая методику измерений, представлена на рис. 1. Генератор электрических импульсов ультразвукового дефектоскопа ДУК-66 возбуждает излучающую пластину РС-преобразователя П112-5,0-Ø 8. Рассеянные на структурных неоднородностях ультразвуковые (УЗ) импульсы регистрируются приемной пьезопластиной РС-преобразователя и усиливаются высокочастотным усилителем дефектоскопа на 80–90 дБ.

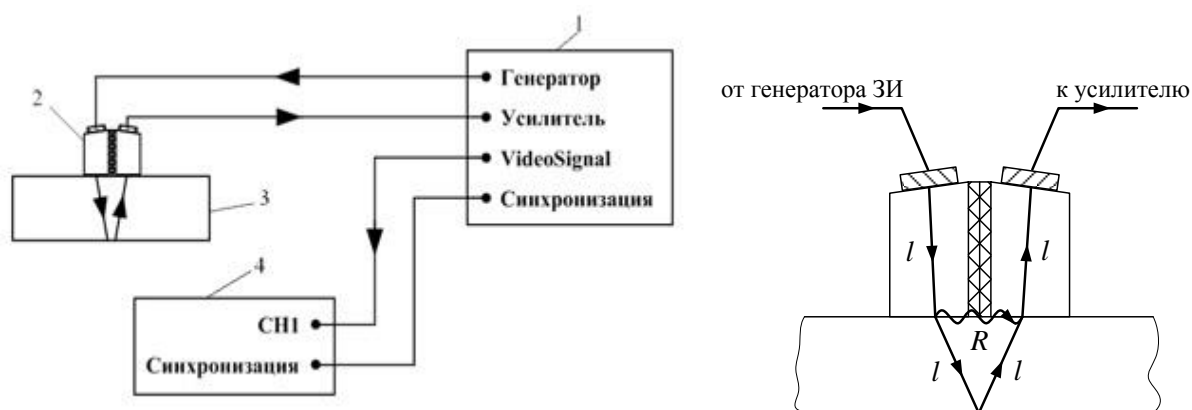


Рис. 1. Схемы контроля и формирования «пролаза» в зоне контакта объекта контроля и преобразователя: 1 – ультразвуковой дефектоскоп ДУК-66; 2 – РС-преобразователь; 3 – исследуемый образец; 4 – цифровой осциллограф RIGOL DS1102C; l – продольная волна, R – рэлеевская волна

Для сохранения и дальнейшей обработки электрического сигнала структурных шумов к выходу «VideoSignal» дефектоскопа подключен цифровой осциллограф RIGOL DS1102C, синхронизированный с дефектоскопом через линию синхронизации.

Для исследования структурных шумов подготовлены образцы из круглого проката конструкционной стали 45 в виде дисков диаметром 50 мм и высотой 20 мм после различных термических обработок (табл. 1), реализующих различные структуры с разным номером зерна.

Таблица 1

Характеристика образцов для исследований

| № образца | Режим термообработки | Температура нагрева, °C | Балл зерна |
|-----------|-------------------------|-------------------------|------------|
| 1 | поставка (нормализация) | 850 | 5 |
| 2 | закалка, вода | 780 | 8 |
| 3 | закалка, масло | 850 | 7 |
| 4 | закалка+улучшение | 850+600 | 6 |
| 5 | перегрев под отжиг | 1050 | 3 |

По результатам эксперимента построен график, представленный на рис. 2, отношения структурный шум U_{sn} – «пролаз» рэлеевской волны U_R для исследованных образцов. Анализ результатов металлографических и акустических исследований показывает, что амплитуда УЗ-волн, отраженных от границ зерен прямо пропорциональна размеру зерен в термически обработанных образцах исследуемой стали 45. При этом разброс в уровне структурных шумов свидетельствует о структурных различиях по отдельным областям образца.

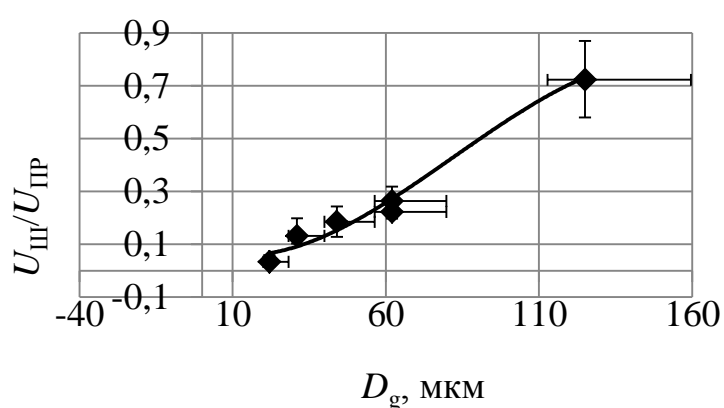


Рис. 2. Зависимость структурных шумов от размера зерна

С целью исследования влияния растягивающей одноосной нагрузки при растяжении образцов стали 09Г2С после различной термической обработки (табл. 2) на акустические структурные шумы выбрали конструкционную

низколегированную сталь 09Г2С, широко применяемую при производстве труб и другого металлопроката.

Таблица 2

Характеристики образцов

| № образца | Режим термообработки | Температура нагрева, °С | Выдержка в печи, час | Условия охлаждения | Балл зерна |
|-----------|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|------------|
| 1 | поставка | — | — | — | 4 |
| 2 | высокий отпуск | 600-650 | 1,0 | с печью | 4 |
| 3 | нормализация | 900-930 | 0,5 | на воздухе | 7 |

Испытания на растяжение металлических образцов проводили с помощью испытательной машины Instron 300DX. Образцы нагружали поступательно с шагом 10 кН до достижения нагрузки в 100 кН, а далее с шагом 5 кН. На рис. 3 представлен график зависимости отношения уровня структурного шума к уровню «пролаза» рэлеевской волны в зависимости от уровня растягивающих напряжений в образцах.

Согласно полученным данным для всех образцов уровень структурного шума изменяется незначительно вплоть до достижения предела текучести. В момент достижения предела текучести (на графике – точка перегиба, которая характеризует структурные изменения – течение металла) зависимость выражается резким снижением уровня структурного шума. Таким образом, в зависимости от предварительной термической обработки металла точка резкого снижения уровня структурного шума характеризует начало пластического течения.

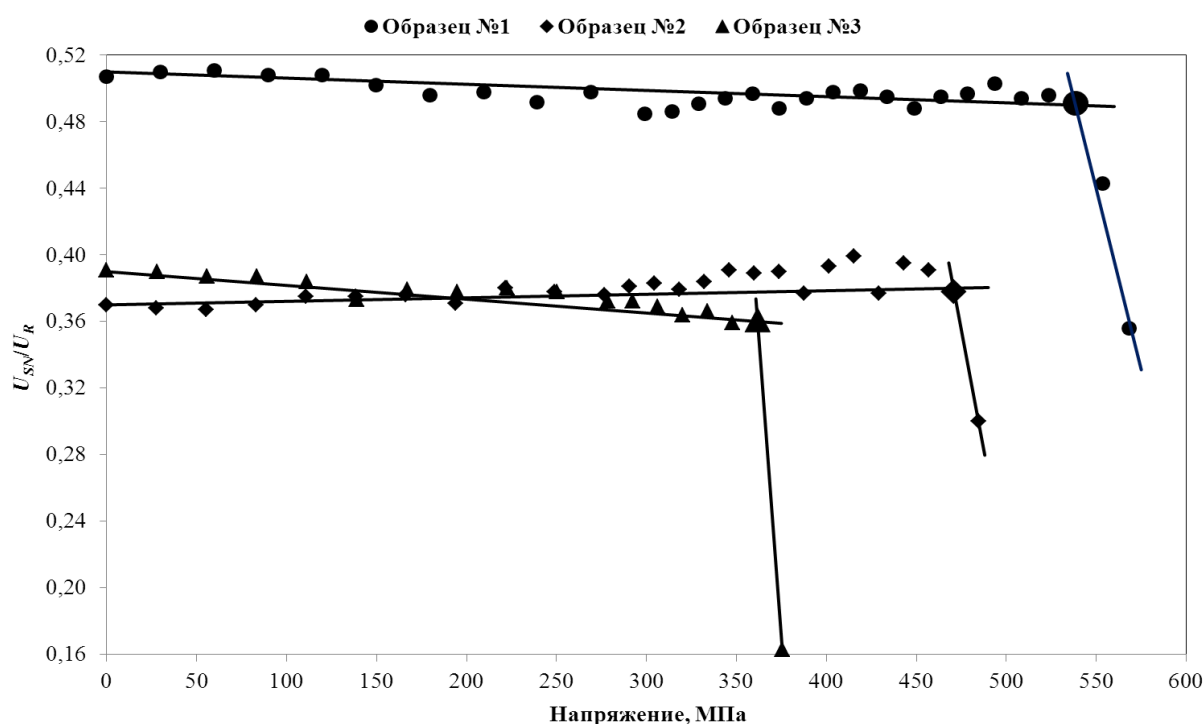


Рис. 3. Зависимость уровня структурных шумов от величины напряжений

Закключение

В развитие УЗ-структуроскопии предложен новый подход к оценке структуры металла по значению интегрального уровня акустических структурных шумов.

Установлено влияние структурного состояния образцов сталей 45, 09Г2С, подвергшихся различной термической обработке, на уровень структурных шумов.

Выявлена закономерность резкого снижения уровня структурных шумов при достижении металлом предела текучести.

Работа выполнена при частичной поддержке программ: стратегического развития Ижевского государственного технического университета им. М. Т. Калашникова на 2012-2016 годы (ПСР/М2/Н2.5/МВВ), инициативных проектов фундаментальных исследований, выполняемых в Учреждении УрО РАН в 2012–2014 гг. (рег. №: 12-У-2-1013).

Литература

1. Смирнов А. Н. Муравьев В. В., Хапонен Н. А. Акустический критерий предельного состояния длительно работающего металла технических устройств опасных производственных объектов // Контроль. Диагностика. 2004. № 5. С. 19–23.
2. Смирнов А. Н., Муравьев В. В., Фольмер С. В. Структурно-фазовое состояние и ресурс длительно работающего металла технических устройств опасных производственных объектов, перспективы дальнейшего развития методов оценки работоспособности // Контроль. Диагностика. 2009. № 1. С. 22–32.
3. Муравьев В. В., Байтеряков А. В., Котоломов А. Ю. Влияние структурного состояния металла труб магистральных газопроводов на параметры ультразвуковых волн // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2014. № 3. С. 125–128.
4. Методика определения акустических структурных шумов металла / В. В. Муравьев, О. В. Муравьева, А. В. Байтеряков, А. И. Дедов // Интеллектуальные системы в производстве. 2013. № 1. С. 143–149.